



COPY OF PAPERS
ORIGINALLY FILED

PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the application of:

Attorney Docket No.: 2418.44US01

Tetsuyuki Kurata et al.

Application No.: 10/016,913

Filed: December 14, 2001

Group Art Unit: 2871

For: METHOD AND APPARATUS FOR DETECTING GAP OF LIQUID-CRYSTAL PANEL AND APPARATUS THEREFOR

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Assistant Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Sir:

Enclosed is a certified copy of Japanese patent application number 2000-380907 to which the above-identified U.S. patent application corresponds.

Respectfully submitted,

Douglas J. Christensen
Registration No. 35,480

Customer No. 24113
Patterson, Thunte, Skaar & Christensen, P.A.
4800 IDS Center
80 South 8th Street
Minneapolis, Minnesota 55402-2100
Telephone: (612) 349-3001

RECEIVED
APR - 1 2002
TC 2800 MAIL ROOM

Please grant any extension of time necessary for entry; charge any fee due to Deposit Account No. 16-0631.

CERTIFICATE OF MAILING

I hereby certify that this document is being deposited with the United States Postal Service with sufficient postage as first class mail in an envelope addressed to: Assistant Commissioner for Patents, Washington, D.C. 20231 on

Date of Deposit

March 13, 2002

Douglas J. Christensen



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

RECEIVED
APR -1 2002
TC-2800 MAIL ROOM

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年12月14日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-380907

出 願 人

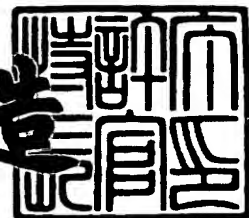
Applicant(s):

三菱電機株式会社
名菱テクニカ株式会社

2001年 6月 4日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3052149

【書類名】 特許願

【整理番号】 000812

【提出日】 平成12年12月14日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02F 1/13

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社
社内

【氏名】 蔵田 哲之

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社
社内

【氏名】 佐竹 徹也

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社
社内

【氏名】 西岡 孝博

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県名古屋市東区矢田南五丁目1番14号 名菱テク
ニカ株式会社内

【氏名】 富樫 義弘

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県名古屋市東区矢田南五丁目1番14号 名菱テク
ニカ株式会社内

【氏名】 前原 利昭

【特許出願人】

【識別番号】 000006013

【氏名又は名称】 三菱電機株式会社

【特許出願人】

【識別番号】 596028756

【氏名又は名称】 名菱テクニカ株式会社

【代理人】

【識別番号】 100064344

【弁理士】

【氏名又は名称】 岡田 英彦

【電話番号】 (052)221-6141

【選任した代理人】

【識別番号】 100106725

【弁理士】

【氏名又は名称】 池田 敏行

【選任した代理人】

【識別番号】 100105120

【弁理士】

【氏名又は名称】 岩田 哲幸

【選任した代理人】

【識別番号】 100105728

【弁理士】

【氏名又は名称】 中村 敦子

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 002875

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 液晶パネルのギャップ検出方法及び検出装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 偏光した入射光が液晶パネル法線に略平行に入射し、液晶パネルからの反射光が、透過軸が入射光の偏光方向と直交する検光子を介して受光量検出手段で受光されるように構成した状態で、液晶パネルを入射光の入射方向と略平行な軸を中心に回転させて、受光量検出手段で検出される光の強度が最小となる消光位角度を検出し、検出した消光位角度に基づいて液晶パネルのギャップを検出することを特徴とする液晶パネルのギャップ検出方法。

【請求項 2】 偏光した入射光が液晶パネル法線に略平行に入射し、液晶パネルからの反射光が検光子を介して受光量検出手段で受光されるように構成し、検光子の透過軸が入射光の偏光方向と平行となるように配置した状態における受光量検出手段の出力信号と、検光子の透過軸が入射光の偏光方向と直交するように配置した状態における受光量検出手段の出力信号とに基づいて液晶パネルのギャップを検出することを特徴とする液晶パネルのギャップ検出方法。

【請求項 3】 偏光した入射光が液晶パネル法線に略平行に入射し、液晶パネルからの反射光が検光子を介して受光量検出手段で受光されるように構成し、検光子の透過軸が入射光の偏光方向と平行となるように配置した状態における受光量検出手段の出力信号と、検光子の透過軸が入射光の偏光方向と直交するように配置した状態における受光量検出手段の出力信号と、検光子の透過軸が入射光の偏光方向と平行な方向及び直交する方向の 2 等分線上に位置する状態における受光量検出手段の出力信号とに基づいて液晶パネルのギャップを検出することを特徴とする液晶パネルのギャップ検出方法。

【請求項 4】 偏光した入射光を液晶パネル法線に略平行に入射させる発光手段と、液晶パネルからの反射光を受光し、透過軸が入射光の偏光方向と直交するように配置された検光子と、検光子を通過した光を受光する受光量検出手段と、処理手段とを備え、

処理手段は、液晶パネルを入射光の入射方向と略平行な軸を中心に回転させた時の、受光量検出手段の出力信号が最小となる消光位角度に基づいて液晶パネル

のギャップを検出する、

ことを特徴とする液晶パネルのギャップ検出装置。

【請求項 5】 偏光した入射光を液晶パネル法線に略平行に入射させる発光手段と、液晶パネルからの反射光を受光するように配置された検光子と、検光子を通過した光を受光する受光量検出手段と、処理手段とを備え、

処理手段は、検光子の透過軸が入射光の偏光方向と平行となるように検光子が配置された状態における受光量検出手段の出力信号と、検光子の透過軸が入射光の偏光方向と直交するように検光子が配置された状態における受光量検出手段の出力信号に基づいて液晶パネルのギャップを検出する、

ことを特徴とする液晶パネルのギャップ検出装置。

【請求項 6】 偏光した入射光を液晶パネル法線に略平行に入射させる発光手段と、液晶パネルからの反射光を受光するように配置された検光子と、検光子を通過した光を受光する受光量検出手段と、処理手段とを備え、

処理手段は、検光子の透過軸が入射光の偏光方向と平行となるように検光子が配置された状態における受光量検出手段の出力信号と、検光子の透過軸が入射光の偏光方向と直交するように検光子が配置された状態における受光量検出手段の出力信号と、検光子の透過軸が入射光の偏光方向と平行な方向及び直交する方向の 2 等分線上に位置するように検光子が配置された状態における受光量検出手段の出力信号とに基づいて液晶パネルのギャップを検出する、

ことを特徴とする液晶パネルのギャップ検出装置。

【請求項 7】 請求項 4 ～ 6 のいずれかに記載の液晶パネルのギャップ検出装置であって、受光量検出手段として面型撮像素子を用いることを特徴とする液晶パネルのギャップ検出装置。

【請求項 8】 請求項 4 ～ 7 のいずれかに記載の液晶パネルのギャップ検出装置であって、光源または受光量検出手段は波長選択機能を有していることを特徴とする液晶パネルのギャップ検出装置。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は液晶パネル、特に反射型液晶パネルのギャップを検出する方法及び検出装置に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来技術】

液晶パネルは、軽量である、薄い、消費電力が少ない等の特徴を有しており、モニタ装置やディスプレイ装置等に広く応用されている。特に、一方の基板に反射鏡を有する反射型液晶パネルは、照明光源として外部から液晶パネルに照射される光を用いるため、液晶パネルモジュール自体は光源ユニットが不要である。このため、反射型液晶パネルは、消費電力が特に小さい携帯情報端末や携帯電話等のディスプレイ装置として使用されている。

現在、これらの反射型液晶パネルとしては、両基板では液晶分子が略平行に配向されているが、両基板間では液晶分子の配向方向が振れているタイプのものを使用されている。さらに、液晶分子の配向方向が両基板間で振れているタイプの反射型液晶パネルの中でも、液晶分子の配向方向の振れ角がおおよそ 180° 以上振れている反射型スーパーツイステッドネマティック液晶パネル（反射型 STN 液晶パネル）、液晶分子の配向の振れ角がおおよそ 120° 以下で振れている反射型ツイステッドネマティック液晶パネル（反射型 TN 液晶パネル）が主に使用されている。以下では、反射型 STN 液晶パネルや反射型 TN 液晶パネルを総称して反射型液晶パネルという。

反射型液晶パネルの表示性能は、基板間の間隔（ギャップ）、液晶の屈折率、配向の振れ角、プレチルト角（液晶分子が基板平面に対して起き上がっている角度）等に依存する。特に、反射型液晶パネルの生産管理においては、ギャップの管理が重要である。これは、反射型液晶パネルに限ったことではなく、透過型液晶パネルの生産管理においても重要である。なお、透過型液晶パネルは、光源ユニットからの光を液晶パネルの裏面から照明するものである。

反射型液晶パネルのギャップを検出する方法としては、例えば、近赤色域の反射スペクトルに現れる干渉縞のパターンからギャップを求める方法が提案されている（「2000年日本液晶学会討論会講演予稿集 PCb03」，341頁）。

【 0 0 0 3 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、この干渉縞のパターンから液晶パネルのギャップを求める方法は、干渉に寄与する界面が多数存在すること、近赤域の光に対する液晶の屈折率分散が必要なこと、液晶分子の配向が振れていること等を考慮していないため、検量線（測定で得られた数値を実際のギャップ値に補正する関係を示した曲線）の作成が必要である。

また、リタデーション（ $\Delta n \times d$ 、 Δn ：液晶セルの屈折率異方性、 d ：液晶セルの厚み）から液晶パネルのギャップを検出する方法が試みられている。しかしながら、反射型TN液晶パネルで用いられる液晶の配向条件では、リタデーションはギャップによらず一定になってしまう。このため、リタデーションから液晶パネルのギャップを検出する方法では、反射型TN液晶パネルのギャップを検出するのが難しい。

そこで、本発明は、簡単な構成で、容易に短時間で液晶パネルのギャップを検出することができる液晶パネルのギャップ検出方法及び検出装置を提供することを目的とする。

【0004】

【課題を解決するための手段】

前記課題を解決するための本発明の第1発明は、請求項1に記載されたとおりの液晶パネルのギャップ検出方法である。

請求項1に記載の液晶パネルのギャップ検出方法では、液晶パネル法線に略平行に入射された偏光入射光の反射光を、透過軸が入射光の偏光方向と直交する検光子を介して受光量検出手段で受光されるように構成した状態で、液晶パネルを入射光の入射方向と略平行な軸を中心に回転させて、受光量検出手段の出力信号が最小となる消光位角度を検出し、検出した消光位角度に基づいて液晶パネルのギャップを検出する。

また、本発明の第2発明は、請求項2に記載されたとおりの液晶パネルのギャップ検出方法である。

請求項2に記載の液晶パネルのギャップ検出方法では、液晶パネル法線に略平行に入射された偏光入射光の反射光を検光子を介して受光量検出手段で受光され

るように構成し、検光子の透過軸を入射光の偏光方向と平行するように配置した状態及び直交するように配置した状態における受光量検出手段の出力信号に基づいて液晶パネルのギャップを検出する。

また、本発明の第3発明は、請求項3に記載されたとおりの液晶パネルのギャップ検出方法である。

請求項3に記載の液晶パネルのギャップ検出方法では、液晶パネル法線に略平行に入射された偏光入射光の反射光を検光子を介して受光量検出手段で受光されるように構成し、検光子の透過軸が入射光の偏光方向と平行となるように配置した状態、入射光の偏光方向と直交するように配置した状態、入射光の偏光方向と平行な方向及び直交する方向の2等分線上に位置する状態における受光量検出手段の出力信号に基づいて液晶パネルのギャップを検出する。

また、本発明の第4発明は、請求項4に記載されたとおりの液晶パネルのギャップ検出装置である。

請求項4に記載の液晶パネルのギャップ検出装置では、偏光入射光を液晶パネル法線に略平行に入射させる発光手段と、液晶パネルからの反射光を受光し、透過軸が入射光の偏光方向と直交するように配置された検光子と、検光子を通過した光を受光する受光量検出手段と、処理手段とを備え、処理手段は、液晶パネルを入射光の入射方向と平行な軸を中心に回転させた時の、受光量検出手段の出力信号が最小となる消光位角度に基づいて液晶パネルのギャップを検出する。

また、本発明の第5発明は、請求項5に記載されたとおりの液晶パネルのギャップ検出装置である。

請求項5に記載の液晶パネルのギャップ検出装置では、偏光入射光を液晶パネル法線に略平行に入射させる発光手段と、液晶パネルからの反射光を受光する検光子と、検光子を通過した光を受光する受光量検出手段と、処理手段とを備え、処理手段は、検光子の透過軸が入射光の偏光方向と平行となる状態及び入射光の偏光方向と直交する状態における受光量検出手段の出力信号に基づいて液晶パネルのギャップを検出する。

また、本発明の第6発明は、請求項6に記載されたとおりの液晶パネルのギャップ検出方法である。

請求項 6 に記載の液晶パネルのギャップ検出装置では、偏光入射光を液晶パネル法線に略平行に入射させる発光手段と、液晶パネルからの反射光を受光する検光子と、検光子を通過した光を受光する受光量検出手段と、処理手段とを備え、処理手段は、検光子の透過軸が入射光の偏光方向と平行となる状態、入射光の偏光方向と直交する状態、入射光の偏光方向と平行な方向及び直交する方向の 2 等分線上に位置する状態における受光量検出手段の出力信号とに基づいて液晶パネルのギャップを検出する。

請求項 1 ～ 3 に記載の液晶パネルのギャップ検出方法及び請求項 4 ～ 6 に記載の液晶パネルのギャップ検出装置を用いれば、簡単な構成で、容易に短時間で液晶パネルのギャップを検出することができる。

また、本発明の第 7 発明は、請求項 7 に記載されたとおりの液晶パネルの検出装置である。

請求項 7 に記載の液晶パネルのギャップ検出装置を用いれば、液晶パネルの任意の部位のギャップの確認作業や任意の部位のギャップの検出作業を容易に行うことができる。さらに、液晶パネルのギャップの 2 次元分布を検出することができる。

また、本発明の第 8 発明は、請求項 8 に記載されたとおりの液晶パネルの検出装置である。

請求項 8 に記載の液晶パネルのギャップ検出装置を用いれば、任意の波長の光を用いることができる。さらに、カラーフィルター付きの液晶パネルのギャップを検出する場合でも、光の波長を画素の色に合わせることによって任意の画素のギャップを検出することができる。

【 0 0 0 5 】

【発明の実施の形態】

以下に本発明の実施の形態を説明する。

なお、以下では、基本的には、両基板に液晶分子が略平行に配向されているとともに、両基板間で液晶分子の配光方向が振れており、一方の基板に反射鏡または光の反射機能を有する部材等の反射手段が設けられている反射型液晶パネル（反射型 T N 液晶パネル、反射型 S T N 液晶パネル等）のギャップを検出する場合

について説明する。しかしながら、本発明は、反射手段が設けられていない透過型液晶パネル（透過型TN液晶パネル、透過型STN液晶パネル等）のギャップ検出にも適用可能である。本発明を透過型液晶パネルのギャップ検出に適用する場合には、透過型液晶パネルの一方の基板側に、基板平面に略平行に反射鏡等の反射手段を別途設置すればよい。反射手段を別途設置した透過型液晶パネルも、本明細書の反射型液晶パネルの概念に含まれている。

【0006】

光の偏光状態は、光の電場ベクトル E を用いて表すことができる。光の偏光状態を光の電場ベクトルで表した場合、液晶層を光が通過すること等による光の偏光状態の変化は 2×2 の行列（Jones行列）で表すことができる。

ここで、液晶層を N 枚の非常に薄い薄層に分割して考える。各薄層では液晶分子の配向方向が一定（方位角 ϕ_j [rad]、チルト角 θ [rad]）であると仮定すると、この薄層は光学的には一軸性媒質と見なすことができる。この薄層が、 $x-y-z$ 座標系に対して図1に示すように配置されているものとする。なお、図1では、 z 軸を光の入射方向に設定し、 x 及び y 軸を z 軸に垂直に設定する。

図1では、光は液晶層側から入射し、反射鏡で反射され、再び液晶層を通過して反射光として出射される。ここでは、光は、反射型液晶パネルに垂直に入射し（液晶パネル法線に平行）、反射光は垂直に反射されるものと仮定する。ただし、実際の測定では、光の入射方向は液晶パネル法線に対して 20° 以内、好ましくは 10° 以内であれば十分である。

【0007】

入射光に対する j 番目の薄層のJones行列 W_j は、（式1）のように表される。なお、 λ [μm] は光の波長、 ϕ [rad] は液晶の捩れ角（両基板における液晶分子の方位角の差）、 n_o 及び n_e はそれぞれ液晶材料の常光（液晶分子の長軸に垂直な偏波面をもつ光）及び異常光（液晶分子の長軸に平行な偏波面をもつ光）に対する屈折率、 d [μm] は液晶層のギャップ（厚さ）を、 π は円周率、 i は虚数単位を示している。

【数 1】

 $W_j =$

$$\begin{bmatrix} \cos \frac{\beta}{N} - i \cdot \cos 2\phi_j \cdot \sin \frac{\beta}{N} \\ -i \cdot \sin 2\phi_j \cdot \sin \frac{\beta}{N} \\ -i \cdot \sin 2\phi_j \cdot \sin \frac{\beta}{N} \\ \cos \frac{\beta}{N} + i \cdot \cos 2\phi_j \cdot \sin \frac{\beta}{N} \end{bmatrix}$$

$$\beta = \frac{\pi \cdot \Delta n \cdot d}{\lambda}$$

$$\Delta n = \frac{n_e \cdot n_o}{\sqrt{n_o^2 + (n_e^2 - n_o^2) \sin^2 \theta}} - n_o$$

(式 1)

【0008】

同様に、反射光に対する j 番目の薄層の Jones 行列 W_j^{ref} は、(式 2) のように表される。

【数 2】

$$W_j^{\text{ref}} = W_j(-\phi_j) =$$

$$\begin{bmatrix} \cos \frac{\beta}{N} - i \cdot \cos 2\phi_j \cdot \sin \frac{\beta}{N} \\ i \cdot \sin 2\phi_j \cdot \sin \frac{\beta}{N} \\ i \cdot \sin 2\phi_j \cdot \sin \frac{\beta}{N} \\ \cos \frac{\beta}{N} + i \cdot \cos 2\phi_j \cdot \sin \frac{\beta}{N} \end{bmatrix}$$

(式 2)

【0009】

同様に、反射鏡の J o n e s 行列Mは、（式 3）のように表される。

【数 3】

$$M = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

（式 3）

【0 0 1 0】

これらから、反射鏡を含めた反射型液晶パネル全体の J o n e s 行列Wは、（式 4）のように表される。

【数 4】

$$W = \lim_{N \rightarrow \infty} [W_1^{ref} W_2^{ref} \cdots W_N^{ref} M W_N \cdots W_2 W_1]$$

（式 4）

ここで、反射鏡の J o n e s 行列Mと、入射光及び反射光に対する薄層の J o n e s 行列 W_j 及び W_j^{ref} との間には（式 5）の関係が成立する。

【数 5】

$$M W_j = W_j^{ref} M$$

（式 5）

【0 0 1 1】

従つて、（式 4）は、（式 6）のように表すことができる。

【数 6】

$$W = MT(-\phi) T(\phi)$$

$$T(\phi) = \lim_{N \rightarrow \infty} W_N \cdots W_2 W_1$$

$$T(-\phi) T(\phi) =$$

$$\begin{bmatrix} \cos^2 X + (\phi^2 - \beta^2) \frac{\sin^2 X}{X^2} - 2i\beta \frac{\sin X \cos X}{X} & -2i\beta \phi \frac{\sin^2 X}{X^2} \\ -2i\beta \phi \frac{\sin^2 X}{X^2} & \cos^2 X + (\phi^2 - \beta^2) \frac{\sin^2 X}{X^2} - 2i\beta \frac{\sin X \cos X}{X} \end{bmatrix}$$

$$X = \sqrt{\phi^2 + \beta^2}$$

(式 6)

(式 6) 中の $T(-\phi) T(\phi)$ は、形式的には一軸性媒質の Jones 行列である (式 1) に等しい。これにより、反射型液晶パネルは、光学的には一軸性媒質に等しいことが理解できる。

【0012】

「第 1 の実施の形態」

まず、第 1 の実施の形態の液晶パネルのギャップ検出方法について説明する。

一軸性媒質では、屈折率が一番大きくなる入射光の偏光方向を遅相軸、一番小さくなる入射光の偏光方向を進相軸と呼んでいる。本明細書では、これらの遅相軸及び進相軸を基板平面に射影した方向を、それぞれ遅相軸方向及び進相軸方向と呼ぶこととする。

ここで、一軸性媒質の遅相軸方向を ϕ_{app} [rad]、リタデーション (一軸性媒質の屈折率異方性と厚さの積) を $\Delta n_{eff} 2d$ [μm] (往復なので厚さは倍になる) とすると、一軸性媒質の ϕ_{app} 及び $\Delta n_{eff} d$ は、反射型液晶パネルの

パラメータ (ϕ 、 $\Delta n d$ 、 β) と (式 7) の関係を有する。

【数 7】

$$\cos \beta_{eff} = \cos^2 X + (\phi^2 - \beta^2) \frac{\sin^2 X}{X^2}$$

$$\cos 2\phi_{app} \cdot \sin \beta_{eff} = 2\beta \frac{\sin X \cdot \cos X}{X}$$

$$\sin 2\phi_{app} \cdot \sin \beta_{eff} = 2\phi \beta \frac{\sin^2 X}{X^2}$$

$$\beta_{eff} = \frac{2\pi \cdot \Delta n_{eff} \cdot d}{\lambda}$$

(式 7)

【0013】

反射型液晶パネルを、クロスニコルの状態（入射光側に設けられた偏光子の透過軸方向と出射光側に設けられた検光子の透過軸方向が直行する状態）で、入射光の入射方向に略平行な軸を中心にして回転させると、ある角度で出射光が消光する（反射率が最小となる）。この角度は消光位角と呼ばれ、一軸性媒質の遅相軸方向（あるいはそれと直交する進相軸方向）と一致する。

つまり、反射型液晶パネルの消光位角を入射光側の基板における液晶の配向方向から測定すれば、その消光位角は、(式 7) の遅相軸方向 ϕ_{app} （あるいはそれと直交する進相軸方向 $\phi_{app} + \pi/2$ ）に等しい。

【0014】

したがって、(式 7) から導かれる (式 8) を用いて、反射型液晶パネルのギャップ d を検出することができる。

【数 8】

$$\tan 2\phi_{app} = \tan 2\left(\phi_{app} + \frac{\pi}{2}\right) = \phi \frac{\tan X}{X}$$

$$X = \sqrt{\phi^2 + \beta^2}$$

$$\beta = \frac{\pi \cdot \Delta n d}{\lambda}$$

$$\Delta n = \frac{n_e \cdot n_o}{\sqrt{n_o^2 + (n_e^2 - n_o^2) \sin^2 \theta}} - n_o$$

(式 8)

【0015】

図2及び図3に、反射型TN液晶パネルで用いられる条件 ($\Delta n d = 260 \text{ nm}$ 、 $\phi = 7.0^\circ$) 近傍でギャップ d を変化させたときの、(式7)によって消光位角 ϕ_{app} 及びリタデーション $\Delta n_{\text{eff}} d$ を計算した結果を示す ($\Delta n = 0.066$ で計算)。

図2から、消光位角 ϕ_{app} は、ギャップ d に対してほぼ線形に変化しており、感度は約 $1^\circ / 0.1 \mu\text{m}$ と高いことがわかる。

これに対し、図3から、リタデーション $\Delta n_{\text{eff}} d$ は、特にギャップ d が $4 \mu\text{m}$ 近傍でほとんど変化しないことがわかる。つまり、リタデーションを測定する方法では、反射型TN液晶パネルのギャップ d を検出することが困難であることがわかる。

【0016】

液晶パネルの消光位角を測定する測定系としては、例えば図4や図5に示されているような測定系を用いることができる。

図4に示す測定系は、ハーフミラーを用いて入射光と反射光を反射型液晶パネル(試料)の法線にほぼ平行に進行させる測定系である。すなわち、光源10からの光は、偏光子11で直線偏光された後、ハーフミラー12に照射される。ハーフミラー12で反射された光は、反射型液晶パネル13の法線にほぼ平行に進行し、反射型液晶パネル13に入射する。反射型液晶パネル13で反射した反射光は、ハーフミラー12、検光子14を介して検出器(受光量検出手段)に照射される。

図5に示す測定系は、光源と反射型液晶パネル(試料)との間の距離を十分とることにより、入射光と反射光を反射型液晶パネルの法線にほぼ平行に進行させる測定系である。すなわち、光源21からの光は、偏光子22で直線偏光された後、反射型液晶パネル23の法線にほぼ平行に進行し、反射型液晶パネル23に入射する。反射型液晶パネル23で反射した反射光は、検光子24を介して検出器(受光量検出手段)に照射される。

なお、入射光・反射光の進行方向と反射型液晶パネルの法線とのなす角度は、 30° 以下、好ましくは 10° 以下に設定する。

【0017】

光源としては、分光器やカラーフィルタを用いて単色化する手段を設けたものを用いてもよいし、レーザーなどの単色光源を用いてもよい。

図4、図5では、光源と偏光子を有する発光手段を用いて偏光光を得ているが、偏光レーザー等の偏光光源を有する発光手段を用いて偏光光を得るようにしてもよい。

また、図4、図5には示していないが、偏光子、検光子及び反射型液晶パネルの回転角を検出する角度検出手段を設けるのが好ましい。

また、図4、図5には示していないが、検出器からの出力信号及び角度検出手段からの出力信号から消光位角 ϕ_{app} を検出し、前記した方法により反射型液晶パネルのギャップ d を検出し、さらに検出結果を表示手段、プリンタ、記憶媒体等へ出力する処理装置が設けられている。

【0018】

次に、第1の実施の形態の液晶パネルのギャップ検出方法を説明する。

まず、図4、図5に示す測定系において、反射型液晶パネル13、23を、反射型液晶パネル13、23の法線にほぼ平行な軸を中心に回転させる。

そして、検出器15、25の出力信号が最小（反射率が最小）となる角度を測定し、消光位角 ϕ_{app} とする。

さらに、測定した消光位角 ϕ_{app} と（式8）を用いて、反射型液晶パネル13、23のギャップ d を演算する。

【0019】

第1の実施の形態の液晶パネルのギャップ検出方法を用いれば、クロスニコル下で消光位角を検出するという非常に簡単な方法により、精度良く液晶パネルのギャップを検出することができる。

【0020】

なお、反射型液晶パネルを回転させて消光位角を検出したが、偏光子の透過軸方向と検光子の透過軸方向を直交させた状態で、偏光子と検光子を回転させて消

光位角を測定してもよい。

また、偏光子、検光子、液晶パネルは、手動で回転させてもよいし、モータ等の駆動手段を用いて回転させてもよい。

また、カラーフィルター付きの液晶パネルの消光位角を検出する場合、光の波長が固定されていると、測定できない画素が生じてしまう。そのため、光源または検出器等に波長選択機能を付与するのが好ましい。これにより、画素の色に応じて光の波長を選択することができるため、液晶パネルの種々の色の画素のギャップを検出することができる。

また、検出器としてCCDカメラ等の面型撮像素子を用いることもできる。この場合には、液晶パネルのギャップを検出する部位を容易に特定することができる。さらに、面型撮像装置の画像信号に基づいて、液晶パネルのギャップの2次元分布を容易に検出することができる。

【0021】

「第2の実施の形態」

次に、第2の実施の形態の液晶パネルのギャップ検出方法について説明する。

入射光側の基板における液晶分子の配向方向と入射光の偏光方向とが角度 α^{in} をなすように反射型液晶パネルが設置されている場合を考える。この時の反射光の電場ベクトル E^{ref} は、(式6) 及び (式7) から (式9) のように表される。

【数9】

$$E^{ref} = \begin{bmatrix} E_x \\ E_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \beta_{eff} - i \cdot \cos 2(\phi_{app} + \alpha^{in}) \cdot \sin \beta_{eff} \\ -i \cdot \sin 2(\phi + \alpha^{in}) \cdot \sin \beta_{eff} \end{bmatrix}$$

(式9)

【0022】

これから、反射光側の検光子を平行ニコル（入射光側の偏光子の透過軸方

向と反射光側の検光子の透過軸方向が平行な状態) 及びクロスニコルの状態に配置した場合の反射率 R_x 、 R_y (液晶パネルからの反射光の量と入射光の量との比) は、(式10) のように表される。

【数10】

$$R_x = |E_x|^2 = \cos^2 \beta_{eff} + \cos^2 2(\phi_{app} + \alpha^{in}) \cdot \sin^2 \beta_{eff}$$

$$R_y = |E_y|^2 = \sin^2 2(\phi_{app} + \alpha^{in}) \cdot \sin^2 \beta_{eff}$$

(式10)

【0023】

従つて、入射光側の基板における液晶分子の配向方向と入射偏光方向とが角度 α^{in} をなすように配置された反射型液晶パネルでは、検光子を平行ニコル又はクロスニコルに設置した状態で反射率 R_x 、 R_y を測定することにより、(式10) から反射型液晶パネルのギャップ d を検出することができる。

【0024】

液晶パネルの反射率を測定する測定系としては、例えば図4や図5に示されているような測定系を用いることができる。

以下に、第2の実施の形態の液晶パネルのギャップ検出方法を説明する。

まず、図4、図5に示す測定系において、検光子14、24の透過軸方向を入射光の偏光方向とほぼ平行に配置し、検出器15、25の出力信号(受光量)を測定する。そして、測定した検出器15、25の出力信号と光源10、21から発光される光の量に基づいて反射率 R_x を演算する。

次に、検光子14、24の透過軸方向を入射光の偏光方向とほぼ直角に配置し、検出器15、25の出力信号(受光量)を測定する。そして、測定した検出器15、25の出力信号と光源10、21から発光される光の量に基づいて反射率 R_y を演算する。

さらに、反射率 R_x 、 R_y と(式10)を用いて、反射型液晶パネル13、23のギャップ d を演算する。

第2の実施の形態の液晶パネルのギャップ検出方法を用いる場合も、図4、図5の測定系に対して、第1の実施の液晶パネルのギャップ検出方法を用いる場合と同様の変更、追加、削除等が可能である。

【0025】

第2の実施の形態の液晶パネルのギャップ検出方法では、パラレルニコル及びクロスニコルの状態で反射率を検出するという非常に簡便な方法により、精度良く液晶パネルのギャップを検出することができる。

また、液晶パネル（試料）を回転させる必要がないため、CCD等の面型撮像素子を検出器として用いることにより、ギャップを検出する場所の確認作業や選択作業を容易に行うことができる。

さらに、面型撮像素子を検出器として用いることにより、液晶パネルのギャップの2次元分布を容易に検出することができる。

【0026】

ここで、反射率 R_x と R_y には $[R_x + R_y = 1]$ という関係があるため、いずれか一方だけの測定でもギャップ d を検出することができる。しかしながら、実際の測定時には雑音信号等が存在するため、検出した R_x と R_y が必ずしも $[R_x + R_y = 1]$ という関係が成立しているとは限らない。そのため、精度よく測定するためには、反射率 R_x と R_y の双方を検出するのが望ましい。

【0027】

（式10）を用いてギャップを検出する方法では、以下のような問題点がある。

一つの問題点は、反射率 $R_x = 1$ 、 $R_y = 0$ となった場合、 $[\sin^2 \beta_{\text{eff}} = 0]$ （すなわち、 $\Delta n_{\text{eff}} d = m \cdot \lambda / 2$ 、 m ：整数）であるのか、 $[\sin^2 (\phi_{\text{app}} + \alpha^{\text{in}}) = 0]$ （すなわち、 $\phi_{\text{app}} + \alpha^{\text{in}} = m \cdot \lambda / 2$ 、 m ：整数）であるのかを区別することができないことである。

しかしながら、 $[\sin^2 \beta_{\text{eff}} = 0]$ の場合は反射型液晶パネルを回転させても常に $R_x = 1$ 、 $R_y = 0$ となるのに対し、 $[\sin^2 (\phi_{\text{app}} + \alpha^{\text{in}}) = 0]$ の場合は反射型液晶パネルを回転させると反射率が変化する。

このため、反射型液晶パネルを回転させることにより、 $[\sin^2 \beta_{\text{eff}} = 0]$

であるのか、 $[\sin^2(\phi_{app} + \alpha^{in}) = 0]$ であるのかを区別することができる。

【0028】

他の問題点は、(式10)が三角関数で表されているため、ギャップdに複数の解が存在することである。

図6に、図2及び図3と同条件($\Delta n = 0.066$ 、 $\phi = 70^\circ$ 、 $\alpha^{in} = 0^\circ$)で反射率 R_x 、 R_y を計算した結果を示す。

図3から、特に反射率 R_x 、 R_y の一方が0、他方が1に近い条件では、解(ギャップd)が近くなるため、区別することが難しくなることがわかる(図6の $d = 3 \mu m$ 付近)。

【0029】

このような状態となることは稀であるが、以下に3種類の解決法を示す。

第1の解決法は、反射型液晶パネル(試料)を測定前に回転させておく方法である。これにより、反射率 R_x 、 R_y の一方が0、他方が1に近くなるギャップ値がずれるので、ギャップdを正確に検出することができる。なお、この方法を用いる場合にも、ギャップ検出時には反射型液晶パネルを回転させる必要がない。

【0030】

第2の解決方法は、さらに、検光子の透過軸方向を平行ニコルの方向とクロスニコルの方向の2等分線(各方向に対し 45° の方向)上に設置した状態で反射率 R_{xy} を測定する方法である。

ここで、反射率 R_{xy} は、(式9)から(式11)のように表される。

【数11】

$$R_{xy} = \frac{1}{2} |E_x + E_y|^2 =$$

$$\frac{1}{2} [1 + \sin^2 \beta_{eff} \cdot \sin 4(\phi_{app} + \alpha^{in})]$$

(式 1 1)

R_x または R_y が 0 に近い条件で測定が難しくなるのは、その条件を満たすギャップ d が近い範囲で 2 つ存在するためである (図 6 の $d = 3 \mu m$ 付近)。この条件下では R_{xy} は極値にはならない (単調に変化している) ので、 R_{xy} を測定すれば、前記の近い範囲で 2 つ存在するギャップ d のどちらが真の値であるかを判断することができる。

【 0 0 3 1 】

第 3 の解決方法は、光源または検出器に波長選択機能を付与し、測定に用いる光の波長を変える方法である。反射率 R_x 、 R_y は波長 λ の関数であるため、例えば、ある波長の光の時に $R_y = 0$ となる場合、光の波長を変更することで $R_y \neq 0$ にすることができる。このようにすることで、液晶パネルのギャップを正確に検出することができる。

【 0 0 3 2 】

以下に、本発明の液晶パネルのギャップ検出方法及び検出装置を用いて試料のギャップを検出した例を示す。

反射型液晶パネルの試料として、以下のような試料を作製した。

まず、2 枚のガラス基板それぞれにポリイミド膜を、厚さ $70 nm$ 程度になるようにスピンコートする。次に、ナイロン製の布で表面を一方向に擦り (ラビングし)、片方の基板のポリイミド膜側に、直径 $4 \mu m$ の樹脂製ビーズを混入した接着剤を塗布する。そして、ポリイミド膜が内側となるように 2 枚のガラス基板を対向させ、ポリイミド膜を擦った方向が直交するように貼合せる。次に、液晶を毛細管現象により注入し、透過型の TN 液晶パネルを作製した (振れ角 $\phi = 90^\circ$)。

同様にして、振れ角 $\phi = 240^\circ$ になるようにラビングし、直径 $7 \mu m$ の樹脂製ビーズを用いて貼合せ、液晶を毛細管現象により注入して透過型の STN 液晶パネルを作製した。

この透過型液晶パネルのギャップ d を公知の SPM 法 (特許第 3 0 2 3 4 4 3 号) により測定したところ、TN 液晶パネルでは $d = 3.87 \mu m$ 、STN 液晶パネルでは $d = 6.44 \mu m$ が得られた。

A 1 をガラス基板にスパッタして作製した反射鏡を前記透過型液晶パネルの片側に取り付け、反射型 T N 液晶パネル及び反射型 S T N 液晶パネルを作製した。

これらの反射型液晶パネルの試料のギャップ d を以下の方法により検出した。

【 0 0 3 3 】

【実施例 1】

図 7 に示すような光学系を持つ反射型偏光顕微鏡（ニコン製 OPTIPHOT 2-POL にユニバーサル落射照明光源を取り付けたもの）の落射照明光源 3 1 側に単色化用バンドパスフィルタ（中心波長 5 5 0 n m）3 2 を取り付け、落射照明光源側偏光子 3 3 と検光子 3 6 がクロスニコルの状態となるように調整した。この時、透過照明光源 4 0 は消灯してある。また、入射光の偏光方向は、図 6 の紙面に対して平行な方向に設定した。

次に、試料台（手動で回転可能）に、反射鏡側を下にして試料（反射型液晶パネル）3 5 を設置した。この時、入射光側（上基板側）の液晶の配向方向が入射光の偏光方向と一致するように試料を設置した。

次に、反射型偏光顕微鏡の視野を目視で確認しながら、試料台ごと試料を回転させ、視野が最も暗くなる角度、つまり反射率が最小となる消光位角を測定した。そして、測定した消光位角と（式 8）により試料のギャップ d を計算したところ、T N 液晶パネルでは $d = 3.86 \mu m$ 、S T N 液晶パネルでは $d = 6.58 \mu m$ が得られた。

【 0 0 3 4 】

【実施例 2】

同様にして、検出器（光電子増倍管を使用）3 7 の出力信号（受光量）が最小を示す試料回転角度（消光位角）を測定した。そして、測定した消光位角と（式 8）により試料のギャップ d を計算したところ、T N 液晶パネルでは $d = 3.86 \mu m$ 、S T N 液晶パネルでは $d = 6.62 \mu m$ が得られた。

【 0 0 3 5 】

【実施例 3】

次に、落射照明光源 3 1 を消灯し、透過照明光源 4 0 を点灯した。そして、透過照明光源 4 0 側に単色化用バンドパスフィルタ（中心波長 5 5 0 n m）4 1 を

取り付け、透過照明光源側偏光子 4 3 と検光子 3 6 が平行ニコルの状態となるように調整した。この時、入射光の偏光方向は、図 7 の紙面に対して平行な方向に設定した。

次に、反射型液晶パネルの試料以外は試料台に何も載せない状態で検出器 3 7 の出力信号 I_{x0} を測定した。入射光に対するハーフミラーの透過率を t_x 、透過照明光源の光量を I_t とすれば、 $I_{x0} = t_x \cdot I_t$ となる。

次に、透過照明光源側偏光子 4 3 と検光子 3 6 をそれぞれ 90° 回転させ、検出器 3 7 の出力信号 I_{x0} を測定した。 90° 回転させた入射偏光に対するハーフミラーの透過率を t_y とすれば、 $I_{y0} = t_y \cdot I_t$ となる。

次に、透過照明光源 4 0 を消灯し、落射照明光源 3 1 を点灯した。そして、落射照明光源側に単色化用バンドパスフィルタ（中心波長 550 nm ）3 2 を取り付け、落射照明光源側偏光子 3 3 と検光子 3 6 が平行ニコルの状態となるように調整した。この時、入射光の偏光方向は、図 7 の紙面に対して平行な方向に設定した。

次に、入射光側（上基板側）の液晶の配向方向が入射光の偏光方向と一致するように反射型液晶パネルの試料 3 5 を設置した。この状態で、検出器 3 7 の出力信号 I_x を測定した。落射照明光源の光量を I_r とすれば、 $I_x = R_x \cdot t_x \cdot I_r$ となる。

次に、検光子 3 6 を 90° 回転させ、検出器 3 7 の出力信号 I_y を測定した。落射照明光源の光量を I_r とすれば、 $I_y = R_y \cdot t_y \cdot I_r$ となる。

次に、測定した I_x 、 I_{x0} 、 I_y 、 I_{y0} と（式 1 2）により反射率 R_x 、 R_y を計算した、そして、計算した反射率 R_x 、 R_y を（式 1 0）とフィッティングさせることで試料 3 5 のギャップ d を計算した。その結果、TN 液晶パネルでは $d = 3.87\text{ }\mu\text{m}$ 、STN 液晶パネルでは $d = 6.60\text{ }\mu\text{m}$ が得られた。

【数 12】

$$\frac{\frac{I_x}{I_{x0}}}{\frac{I_x}{I_{x0}} + \frac{I_y}{I_{y0}}} = \frac{\frac{R_x t_x I_r}{t_x I_t}}{\frac{R_x t_x I_r}{t_x I_t} + \frac{R_y t_y I_r}{t_y I_t}} = R_x$$

$$\frac{\frac{I_y}{I_{y0}}}{\frac{I_x}{I_{x0}} + \frac{I_y}{I_{y0}}} = \frac{\frac{R_y t_y I_r}{t_y I_t}}{\frac{R_x t_x I_r}{t_x I_t} + \frac{R_y t_y I_r}{t_y I_t}} = R_y$$

(式 12)

【0036】

【発明の効果】

以上説明したように、請求項 1～3 に記載の液晶パネルのギャップ検出方法及び請求項 4～8 に記載の液晶パネルのギャップ検出装置を用いれば、簡単な測定装置で、液晶パネルのギャップを容易に精度良く検出することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

座標系と液晶分子の配向方向の模式図である。

【図 2】

液晶パネルのギャップにより消光位角を演算した結果を示す図である。

【図 3】

液晶パネルのギャップにより液晶パネルのリタデーションを演算した結果を示す図である。

【図 4】

本発明の液晶パネルのギャップ検出方法で用いる測定系を示す図である。

【図 5】

本発明の液晶パネルのギャップ検出方法で用いる測定系を示す図である。

【図 6】

パラレルニコル及びクロスニコルの状態における反射率の演算結果を示す図である。

【図 7】

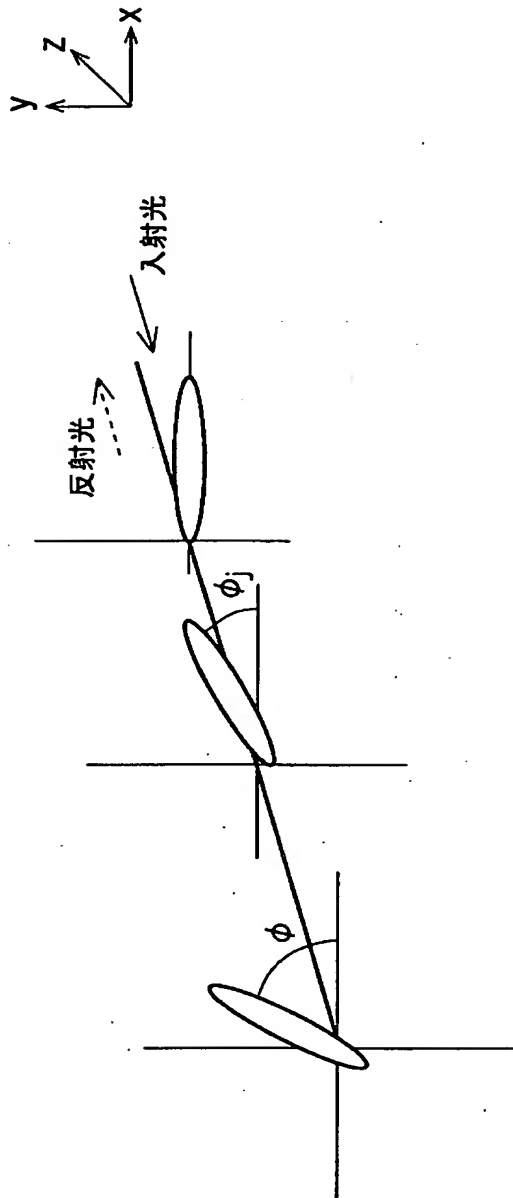
本発明の液晶パネルのギャップ検出方法で用いる測定系を示す図である。

【符号の説明】

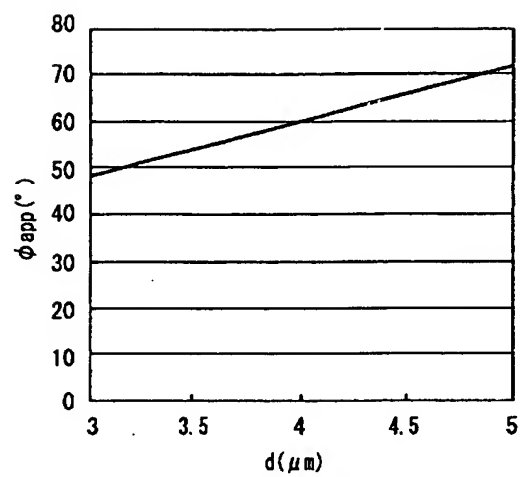
- 1 0、2 1、3 1、4 0 光源
- 1 1、2 2、3 3、4 3 偏光子
- 1 2、3 4 ハーフミラー
- 1 3、2 3、3 5 反射型液晶パネル
- 1 4、2 4、3 6 検光子
- 1 5、2 5、3 7 検出器
- 3 2、4 1 バンドパスフィルタ
- 4 2 ミラー

【書類名】図面

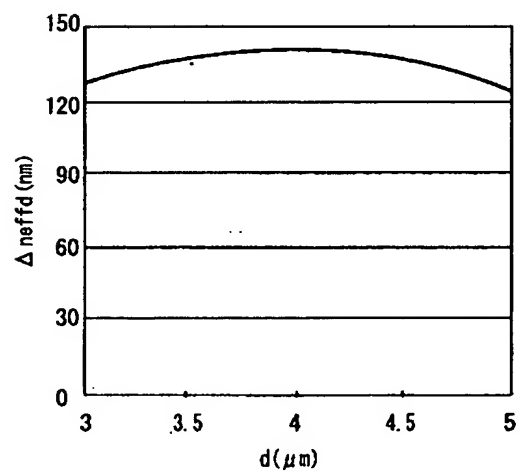
【図 1】



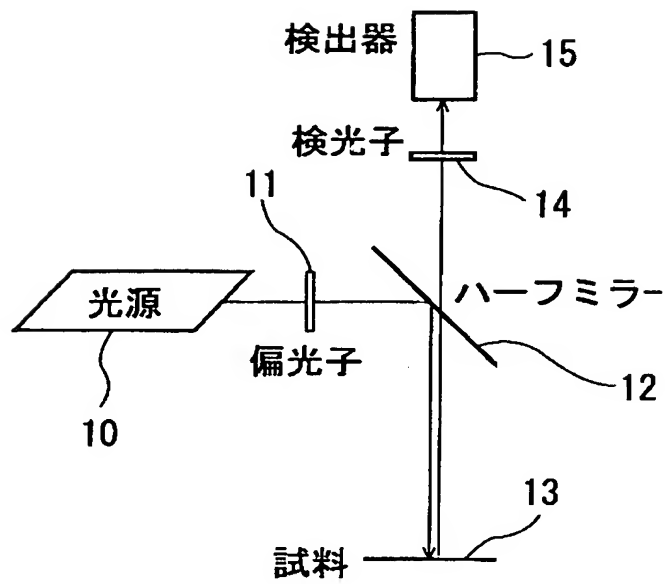
【図 2】



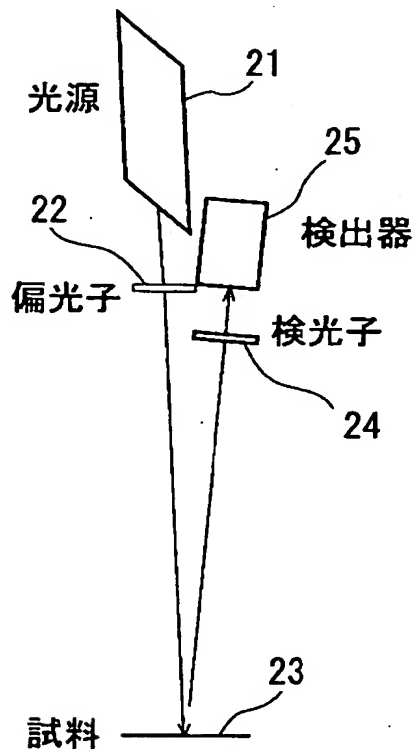
【図 3】



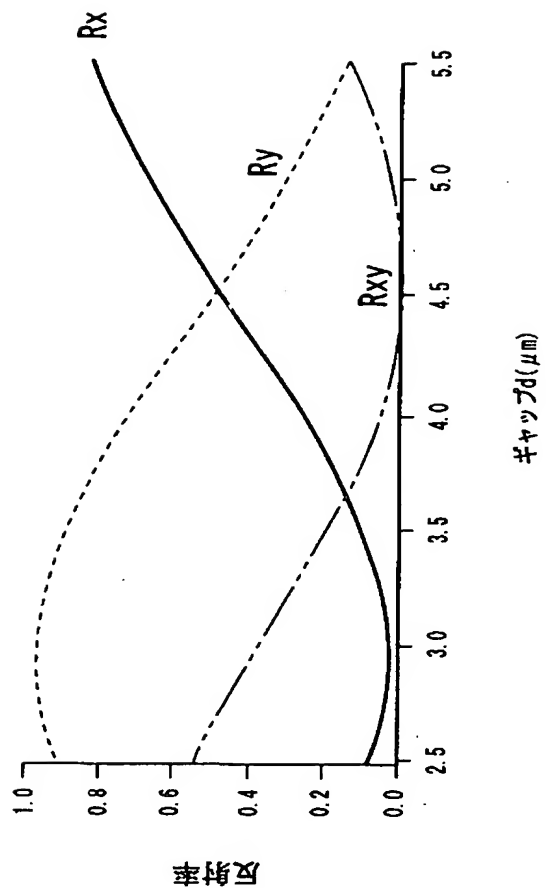
【図 4】



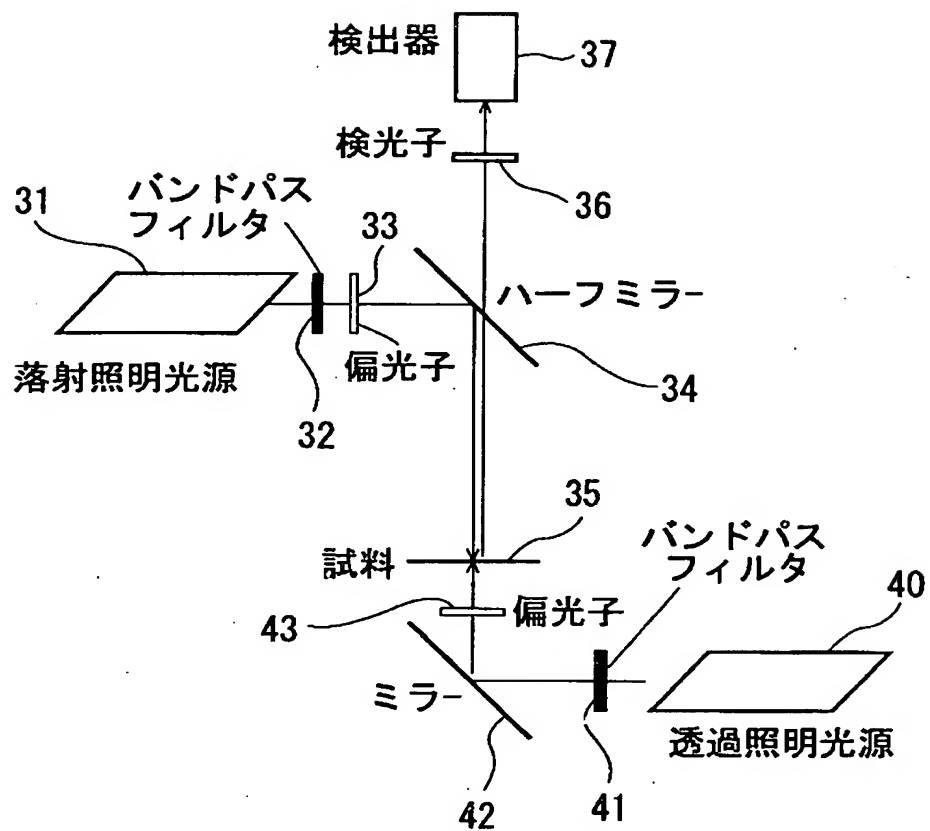
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 簡単な構成で、容易に短時間に液晶パネルのギャップを検出することができる液晶パネルのギャップ検出方法及び装置を提供する。

【解決手段】 光源10からの光は、偏光子11で直線偏光され、ハーフミラー12を介して反射型液晶パネル13の法線にほぼ平行に進行し、反射型液晶パネル13に入射する。反射型液晶パネル13で反射した反射光は、ハーフミラー12、検光子14を介して検出器15で受光される。この状態で、反射型液晶パネル13を、反射型液晶パネル13の法線にほぼ平行な軸を中心にして回転させ、検出器15の出力信号が最小となる角度（消光位角）を測定する。そして、測定した消光位角に基づいて反射型液晶パネル13のギャップを検出する。なお、検光子14の透過軸方向を入射光の偏光方向と平行な状態及び直交する状態に設置して検出器15の出力信号を測定し、測定した信号に基づいて反射型液晶パネル13のギャップを検出することもできる。

【選択図】 図4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000006013]

1. 変更年月日	1990年 8月24日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都千代田区丸の内2丁目2番3号
氏 名	三菱電機株式会社

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [596028756]

1. 変更年月日 1996年 2月 5日
[変更理由] 新規登録
住 所 名古屋市東区矢田南5丁目1番14号
氏 名 名菱テクニカ株式会社